

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
24. Juni 2004 (24.06.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/052518 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: B01F 13/00

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/013603

(22) Internationales Anmeldedatum:
3. Dezember 2003 (03.12.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
202 18 972.4 7. Dezember 2002 (07.12.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): EHRFELD MIKROTECHNIK AG [DE/DE];
Mikroforum Ring 1, 55234 Wendelsheim (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): EHRFELD, Wolfgang
[DE/DE]; Kehlweg 22, 55124 Mainz (DE). KROSCHER,
Matthias [DE/DE]; Helenenstrasse 3, 55543 Bad Kreuz-
nach (DE). MERKEL, Till [DE/DE]; Weberstube 1-3,
55232 Alzey (DE). HERBSTTRITT, Frank [DE/DE];
Weinheimer Landstrasse 9a, 55232 Alzey (DE).

(74) Anwalt: MEYER-DULHEUER, Karl-Hermann; Met-
zlerstrasse 27, 60594 Frankfurt am Main (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,
MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,
SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ,
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,
NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF,
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,
TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

WO 2004/052518 A2

(54) Title: STATIC LAMINATION MICRO MIXER

(54) Bezeichnung: STATISCHER LAMINATIONSMIKROVERMISCHER

(57) Abstract: The invention relates to a static lamination micro mixer for mixing, dispersing, emulsifying or suspending at least two fluid phases. Said mixer contains at least one slitted disk provided with slits and a diaphragm which is also provided with slits and which is arranged over the at least one slitted disk. Said slits are manufactured in the form of continuous openings.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein statischer Laminationsmikrovermischer zum Mischen, Dispergieren, Emulgieren oder Suspendieren von mindestens zwei fluiden Phasen beschrieben, der mindestens eine Schlitzplatte mit Schlitzöffnungen und eine darüber angeordnete Blendplatte mit Blendenschlitzen enthält, deren Schlitze als durchgehende Öffnungen gefertigt sind.

BEST AVAILABLE COPY

5 Statischer Laminationsmikrovermischer

- 10 Die Erfindung betrifft einen Mikrovermischer zum Vermischen, Dispergieren, Emulgieren oder Suspendieren von mindestens zwei fluiden Phasen, wobei dieser mindestens eine Schlitzplatte mit Schlitzöffnungen und eine darüber angeordnete Blendplatte mit Blendschlitzten enthalten muss. Die Schlitzöffnungen in der/den Schlitzplatte(n) und Blendplatte(n) sind als durchgehende Öffnungen
15 ausgeführt. Die Öffnung kann beliebig geformt sein, vorzugsweise hat die Öffnung eine einfache Geometrie (z. B. Loch oder rechteckiger Schlitz).

Bei statischen Mikrovermischem handelt es sich um Schlüsselemente der Mikroreaktionstechnik. Statistische Mikrovermischer nutzen das Prinzip der Multilamination aus, um so ein schnelles Vermischen von fluiden Phasen durch
20 Diffusion zu erreichen. Durch eine geometrische Ausgestaltung von abwechselnd angeordneten Lamellen ist es möglich, ein gutes Vermischen im mikroskopischen Bereich zu gewährleisten. Multilaminationsmischer aus strukturierten und periodisch gestapelten dünnen Platten sind bereits in der Literatur ausführlich beschrieben; Beispiele hierfür finden sich in den deutschen Patenten
25 DE 44 16 343, DE 195 40 292 und der deutschen Patentanmeldung DE 199 28 123. Die deutsche Patentanmeldung DE 199 27 554 beschreibt außerdem im Gegensatz zu den Multilaminationsmischern, die aus strukturierten und periodisch gestapelten, dünnen Platten bestehen, einen Mikrovermischer zum Mischen von zwei oder mehr Edukten, wobei der Mikrovermischer Mischzellen aufweist. Jede dieser Mischzellen weist eine Zuführkammer auf, an die mindestens zwei Gruppen von Kanalfingern angrenzen, die zur Bildung von Mischbereichen kammartig zwischen die Kanalfinger eingreifen. Über dem Mischbereich befinden sich Auslassschlitze, die sich senkrecht zu den Kanalfingern erstrecken und durch die das Produkt austritt. Durch die Parallelschaltung in zwei
35 Raumrichtungen ist ein deutlich höherer Durchsatz möglich.

5 Der im Patentanspruch 1 angegebenen Erfindung liegt das Problem zugrunde, dass sich Mikrovermischer mit Verunreinigungspartikeln zusetzen können und damit zur Verstopfung neigen; durch die unzureichende Reinigungsmöglichkeit ist eine erhebliche Einschränkung der Einsatzmöglichkeiten von Mikrovermischern gegeben. Bei den aus Platten ausgebildeten Mikrovermis-
10 Platten vorzugsweise fest miteinander verbunden und die Mikrostrukturen dadurch nicht mehr frei zugänglich; eine Reinigung der beschriebenen Mikrovermischer ist deshalb nicht auf einfache Art und Weise möglich. Zur Reinigung eines entsprechenden Mikrovermischers müssen die Plattenstapel demontiert werden, was sich in der Regel als sehr aufwändig erweist.

15 Diese Probleme werden durch den im Patentanspruch 1 beschriebenen statischen Laminationsmikrovermischer gelöst, der zum Mischen von mindestens zwei fluiden Phasen mindestens eine Schlitzplatte mit Schlitzöffnungen und eine darüber angeordnete Blendplatte mit Blendschlitz enthält. Die Schlitzöff-
20 nungen sind in der Regel als durchgehende Öffnungen ausgeführt.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen darin, dass der statische Laminationsmikrovermischer kostengünstig gefertigt werden kann, leicht zu reinigen ist und die zu mischenden Fluide schnell und effektiv miteinander vermischt
25 werden. Zudem ist der Druckverlust so gering, dass er auch für große Durchsätze Anwendung finden kann.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Schutzansprüchen 2 und folgenden angegeben. Nach Schutzanspruch 2 kann die Anzahl der Blendschlitz-
30 schlitz in der Blendplatte und/oder die Anzahl der Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte größer als 1 sein. In den Schlitzöffnungen der Schlitzplatte werden nach Anspruch 3, die aus verschiedenen Bereichen der Fluidverteilung herangeführten Fluidströme so geführt, dass sie in die Schlitzöffnung einer darüber liegenden Schlitz- oder Blendplatte eintreten. Nach Anspruch 5 kommen die
35 fluiden Phasen in den Schlitzöffnungen der Blendplatte zusammen. Die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte können hierbei parallel zueinander versetzt und/oder in einem periodischen Muster zueinander angeordnet sein. Durch ge-

- 5 eignete geometrische Form und Ausrichtung können Schlitzöffnungen nach Anspruch 6 Strukturen in der Schlitzplatte die Entstehung von Sekundäreffekten begünstigen. Diese Effekte können z. B. durch Wirbelablösungen hinter den Platten oder durch Querkomponenten aus den Zuleitungen entstehen. Der Mischung auf molekularer Ebene durch Diffusion überlagern sich dadurch Sekundärströmungen, die zu einer Verkürzung der Diffusionswege und damit der Mischzeiten führen. Nach Anspruch 7 können die Schlitzöffnungen zueinander schräg angeordnet sind. Eine weitere Ausgestaltung erlaubt es, dass die Schlitzöffnungen trichterförmig oder keulenförmig ausgestaltet sind. Diese Ausgestaltung der Formen kann zweckmäßig sein, um eine gleichförmige Druckverteilung in den Zuführungskanälen zu erreichen. Dies ist eine Voraussetzung um im gesamten Bauteil zu einer gleichförmigen Mischgüte zu kommen. Weiter ist es möglich, dass mehrere Schlitzplatten und/oder Blendplatten direkt übereinander versetzt zueinander angeordnet sind. Eine Lenkung der Strömung kann nach Schutzanspruch 9 erzielt werden, wenn direkt übereinander liegende oder versetzt angeordnete Schlitzplatten und/oder Blendplatten eingesetzt werden. Die Lenkungswirkung nach Schutzanspruch 11 kann dazu genutzt werden, die einen oder mehrere Fluidströme gezielt zur Dosierstelle eines oder mehrerer Fluidströme hinzuführen.
- 25 Die Mischkammer kann nach Schutzanspruch 12 oberhalb der Blendplatte angebracht sein. Nach Schutzanspruch 13 ist es auch möglich, dass die Blendschlitze in der Blendplatte parallel zueinander versetzt und/oder einem periodischen Muster zueinander angeordnet sein können. Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung gestattet es, dass die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte und die Blendschlitze in der Blendplatte in einem beliebigen Winkel, vorzugsweise 90°, zueinander verdreht, angeordnet sein können. Nach Schutzanspruch 15 ist es zudem möglich, dass die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte und die Blendschlitze in der Blendplatte eine Breite von weniger als 500 µm aufweisen können. Zur Verbesserung des Ergebnisses bei der Vermischung von Flüssigkeiten, dem Emulgieren oder Suspendieren haben sich insbesondere Schlitzöffnungen mit Breiten kleiner 100 µm bewährt. Die Breite der Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte ist im Grundtyp des Mischers für alle

5 alle fluiden Phasen gleich. Es hat sich jedoch gezeigt, dass es beim Zusammenbringen von Fluiden, die sich bezüglich ihrer Viskosität unterscheiden und/oder bei denen die Volumenströme in einem anderen Zahlenverhältnis als 1:1 zueinander stehen, vorteilhaft sein kann, wenn sich Breite und/oder Form und Querschnitt der Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte für die verschiedenen
10 Fluide unterscheiden. Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung gestattet es, dass die Schlitz- und Blendplatten teilweise oder vollständig aus Metall, Glas, Keramik und Kunststoff oder aus einer Kombination dieser Materialien bestehen können. Nach Schutzanspruch 17 können die Schlitz- und Blendplatten durch Stanzen, Prägen, Fräsen, Erodieren, Ätzen, Plasmaätzen, Laserschneiden, Laserablattieren oder durch die LIGA-Technik, vorzugsweise aber durch Laserschneiden oder LIGA-Technik, hergestellt werden. Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung erlaubt es, dass die Schlitz- und Blendplatten aus einem Stapel von mikrostrukturierten dünnen Platten bestehen; diese dünnen mikrostrukturierten Platten können stoffschlüssig durch Löten, Schweißen, Diffusions-
15 schweißen oder Kleben oder kraftschlüssig durch Verschrauben, Verpressen (z. B. in einem Gehäuse) oder Vernieten miteinander verbunden werden. Eine vorteilhafte Ausgestaltung nach Schutzanspruch 20 gestattet es, dass die Blend-
20 schlitz- in der Blendplatte und die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte verzweigt ausgestaltet sein können. Der so erhaltene statische Mikrovermischer
25 kann nach Schutzanspruch 21 in einem dafür vorgesehenen Gehäuse untergebracht werden. Nach Schutzanspruch 22 kann das Gehäuse Kanäle enthalten und so eine räumliche Aufteilung der Fluide ermöglicht. Diese Kanäle können nach Anspruch 23 parallel zueinander, radial, konzentrisch oder hintereinander angeordnet werden. Es kann zur Erzielung einer geeigneten Verteilung der Geschwindigkeiten entlang der Kanäle vorteilhaft sein, deren Querschnitte nach
30 Anspruch 24 über ihre Länge beizubehalten oder zu variieren.

Der Mikrovermischer kann nach Anspruch 25 einzeln oder als Bestandteil einer modular aufgebauten Anordnung zur Durchführung physikalischer oder chemischer Umwandlungen eingesetzt werden oder nach Anspruch 26 zusammen
35 mit anderen Funktionsmodulen in ein Bauteil integriert werden.

- 5 Ausführungsbeispiele der Erfindungen sind in den Zeichnungen dargestellt und werden im nachfolgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

- 10 Fig. 1 schematische Darstellung des statischen Mikrovermischers bestehend aus einer Schlitz- und einer Blendplatte;
- Fig. 2a Explosionsdarstellung eines statischen Laminationsmikrovermischers bestehend aus Gehäuseunterteil (10), Zuführkanälen (11),
15 Schlitzplatte (20) und Blendplatte (30);
- Fig. 2b Darstellung eines statischen Laminationsmikrovermischers bestehend aus Gehäuseunterteil (10), Zuführkanälen (11), Schlitzplatte (20) und Blendplatte (30);
20
- Fig. 3a Draufsicht auf die Zuführkanälen (11), Schlitzöffnungen (22a, 22b) und Blendschlitz (31) eines statischen Laminationsmikrovermischers;
- 25 Fig. 3b Draufsicht auf die Schlitzöffnungen unterschiedlicher Geometrie und Orientierung (22) in einer Schlitzplatte (20) eines statischen Laminationsmikrovermischers;
- Fig. 3c Draufsicht auf die Schlitzöffnungen unterschiedlicher Geometrie und Orientierung (22) in einer Schlitzplatte (20) eines statischen Laminationsmikrovermischers;
30
- Fig. 3d: Draufsicht auf die Schlitzöffnungen unterschiedlicher Geometrie und Orientierung (22) in einer Schlitzplatte (20), wobei die Schlitzöffnungen für beide Fluide in der Ebene der Schlitzplatte überlappen;
35

- 5 Fig. 3e: Draufsicht auf die Schlitzöffnungen unterschiedlicher Geometrie und Orientierung (22) in einer Schlitzplatte (20), wobei die Schlitzöffnungen unterschiedliche Breiten und Formen haben;
- 10 Fig. 3f: Draufsicht auf die Schlitzöffnungen unterschiedlicher Geometrie und Orientierung (22) in einer Schlitzplatte (20), wobei die Schlitzöffnungen, die Blendschlitze (31) und/oder die Zuführkanäle (11) unterschiedliche und variable Breiten und Formen haben;
- 15 Fig. 4a Draufsicht auf einen statischen Laminationsmikrovermischer bestehend aus Gehäuseunterteil (10), Schlitzplatte (20) und Blendplatte (30);
- Fig. 4b Draufsicht auf einen statischen Laminationsmikrovermischer;
- 20 Fig. 5 Explosionsdarstellung eines statischen Mikrovermischers;
- Fig. 6 Explosionsdarstellung eines statischen Mikrovermischers mit Betrachtungswinkel von unten;
- 25 Fig. 7a schematische Darstellung des Gehäuseunterteils (10);
- Fig. 7b Querschnitt durch Gehäuseunterteil (10) entlang der Ebene B-B;
- Fig. 7c Querschnitt durch Gehäuseunterteil (10) entlang der Ebene C-C;
- 30 Fig. 8a schematische Darstellung eines statischen Mikrovermischers mit zwei unterschiedlichen Schlitzplatten und versetzt zueinander angeordneten Schlitzöffnungen (22, 23);
- 35 Fig. 8b schematische Darstellung eines zusammengesetzten statischen Laminationsmikrovermischers mit zwei unterschiedlichen Schlitzplatten;

- 5 Fig. 9a Explosionsdarstellungen von Laminationsmikrovermischem mit
parallel versetzter Anordnung der Kanäle zur Auftrennung der Flu-
ide im Gehäuse;
- 10 Fig. 9b Explosionsdarstellungen von Laminationsmikrovermischem mit
radial konzentrischer Anordnung der Kanäle zur Auftrennung der
Fluide im Gehäuse;
- 15 Fig. 10 Laminationsmikrovermischer (60) (vgl. Fig. 9a) als Bestandteil ei-
ner integrierten Prozessanordnung zusammen mit einer Wärme-
tauscheinheit (70).

Fig. 1 zeigt die schematische Darstellung eines statischen Laminationsmikro-
vermischers bestehend aus Unterteil 10, einer Schlitzplatte 20 und einer Blend-
platte 30. Das Unterteil 10 enthält für das Fluid A den Zuführkanal 11a und für
20 das Fluid B den Zuführkanal 11b. Die Schlitzplatte 20 weist für die Fluide A und
B Schlitzöffnungen 22a und 22b auf, die aus dem Zuführkanal 11a und 11b ge-
speist werden. Oberhalb der Schlitzplatte 20 befindet sich die Blendplatte 30 mit
einem Blendschlitz 31. Die Blendplatte 30 deckt hierbei den äußeren Bereich
der Schlitzöffnungen 22a und 22b ab, während der mittlere Bereich der Schlitz-
25 öffnungen 22a und 22b mit dem Blendschlitz 31 überlappt und dadurch frei
bleibt.

Fig. 2a zeigt die Explosionsdarstellung eines statischen Mikrovermischers be-
stehend aus Unterteil 10, Zuführkanälen 11a und 11b, Schlitzplatte 20 und
30 Blendplatte 30. Die Zuführkanäle 11a und 11b enthalten jeweils die Fluide A
und B; über diesen Zuführkanälen befindet sich die Schlitzplatte 20 mit den
Schlitzöffnungen 22 a und 22b. Oberhalb dieser befindet sich die Blendplatte
30, deren Blendschlitz in einem Winkel von 90° zu den Schlitzöffnungen 22a
und 22b angeordnet sind.

5 Fig. 2b zeigt eine schematische Darstellung eines statischen Mikrovermischer, wie in Fig. 2a dargestellt, bestehend aus Unterteil 10, Schlitzplatte 20 und Blendplatte 30.

Fig. 3a zeigt als Doppelreihen angeordnete Schlitzöffnungen 22a und 22b in
10 Form von Schlitzbereichen 21. Diese Schlitzbereiche 21 werden durch die Zuführkanäle 11a und 11b mit Fluiden gespeist. Die eine Hälfte der Schlitzöffnungen 22a überlappt mit den Zuführkanälen 11a, die andere mit den Zuführkanälen 11b. In mittleren Bereich der Doppelreihen überlappen die Schlitzöffnungen 22 mit dem darüber angebrachten Blendschlitz 31. Die Schlitzöffnungen
15 22 können, wie hier dargestellt, auch schräg angeordnet sein.

Fig. 3b, Fig. 3c, Fig. 3d, Fig. 3e und Fig. 3f zeigen Schlitzöffnungen 22 mit unterschiedlicher geometrischer Ausgestaltung und Orientierung. Unterhalb der Schlitzöffnungen befinden sich die Zuführkanäle 11. Oberhalb der Schlitzöffnungen befinden sich die Blendschlitze 31. Die Querschnitte der Zuführkanäle
20 11 und der Blendschlitze 31 können entlang ihres Verlaufs variieren (Fig. 3f). Die Schlitzöffnungen 22 können trichterförmig in erweitert sein. Die Breite und Form der Schlitzöffnungen 22 kann zwischen den Fluiden (Fig. 3e) und innerhalb der Fluide (Fig. 3f) variieren.

25 Fig. 4a zeigt die Draufsicht auf ein Gehäuseunterteil 10. Das Gehäuseunterteil 10 ist mit zahlreichen schlitzförmigen Zuführkanälen 11 a und 11b versehen, die abwechselnd rechts oder links verlagert dargestellt sind. In der darüber angeordneten Schlitzplatte 20 befinden sich der als schwarze Balken dargestellte
30 Schlitzbereich 21; der Schlitzbereich 21 ist hierbei jeweils zwischen zwei Zuführkanälen 11a und 11b positioniert, sodass dieser von zwei Zuführkanälen überlappt wird. Die Blendschlitze 31 der darüber liegenden Blendplatte 30 befinden sich mittig über den Schlitzbereichen 21 der Schlitzplatte 20.

35 Fig. 4b zeigt eine schematische Anordnung aus Zuführkanälen 11a und 11b, Schlitzbereichen 21 und Blendschlitzen 31.

5 Fig. 5 zeigt die Explosionsansicht eines statischen Laminationsmikrovermischers; der Mikrovermischer besteht aus Gehäuseunterteil 10 und Gehäuseoberteil 40. Zwischen dem Gehäuseunterteil 10 und Gehäuseoberteil 40 befinden sich die Schlitzplatten 20 und die Blendplatten 30. In dem Gehäuseunterteil 10 befindet sich eine Nut 13, in die ein Dichtungsring 50 eingelegt werden kann,
10 um so den Mikrovermischer gegen die Umgebung abzudichten. Das Gehäuseunterteil 10 und das Gehäuseoberteil 40 sind jeweils mit Öffnungen für Befestigungselemente 44 versehen, durch die beide gegeneinander fixiert werden können. Das Gehäuseunterteil 10 enthält an der Außenfläche zwei Fluideinlasskanäle 12a und 12b für die zu mischenden Fluide A und B. Auf der Oberseite
15 des Gehäuseunterteils 10 sind zahlreiche schlitzförmige Zuführkanäle 11a und 11b eingearbeitet, die abwechselnd zu der einen oder der anderen Seite verlängert ausgestaltet sind und so vom Fluid A oder vom Fluid B gespeist werden können. Die Schlitzplatte 20 enthält zahlreiche Schlitzbereiche 21; oberhalb der Schlitzplatte 20 ist die Blendplatte 30 angebracht, die eine Vielzahl von
20 Blendschlitzten 31 aufweist. Das Gehäuseoberteil 40 enthält einen Fluidauslass 42 zur Ableitung des gewonnenen Gemisches.

Fig. 6 zeigt in Analogie zu Fig. 5 eine Explosionsdarstellung eines statischen Laminationsmikrovermischers mit Betrachtungswinkel von der Unterseite. Das
25 Gehäuseoberteil 40 enthält eine große Mischkammer 45, in die alle Blendschlitzze 31 der Blendplatte 30 münden. Zur Abstützung der Blendplatte 30 sind mehrere Stützstrukturen 41 im Gehäuseoberteil 40 angebracht.

Fig. 7a zeigt die schematische Darstellung des Gehäuseunterteils 10. Das Gehäuseunterteil 10 ist mit Zuführkanälen 11a und 11b für die zu mischenden Fluide A und B versehen. An den Außenseiten des Gehäuseunterteils sind Fluideinlässe 12a und 12b vorhanden. Die Aussparungen 44 an den vier Ecken des Gehäuseunterteils 10 gestatten dessen Fixierung.

35 Fig. 7b zeigt den Querschnitt durch das Gehäuseunterteil 10 entlang der Linie B-B in Fig. 7a. Der Fluideinlass 12a setzt sich in dem Fluideinlasskanal 14 für das Fluid A fort. Auf der Oberseite des Fluideinlasskanals 14 befinden sich die

- 5 Zufuhrkanäle 11a für das Fluid. Auf der Oberseite des Gehäuseunterteils 10 befindet sich eine Nut 13 für das Einlegen eines Dichtungsringes.

Fig. 7c zeigt den Querschnitt durch das Gehäuseunterteil 10 entlang der Linie C-C in Fig. 7a. Die Zufuhrkanäle 11a für das Fluid A und 11b für das Fluid B
10 verlaufen abwechselnd parallel, ohne dass es eine Querverbindung zwischen diesen beiden Zufuhrkanälen gibt. Auf der Oberseite des Gehäuseunterteils 10 befindet sich wieder eine Nut 13 für das Einlegen eines Dichtungsringes.

Fig. 8a zeigt die schematische Darstellung eines statischen Laminationsmikro-
15 vermischers mit den zwei unterschiedlichen Schlitzöffnungen 22a/22b und 23a/23b. Die Schlitzöffnungen 22a und 22b der ersten Schlitzplatte bilden die Zufuhrkanäle für die zweite Schlitzplatte mit kleinen Schlitzöffnungen 23a und 23b. Die Schlitzöffnungen 22a/22b und 23a/23b sind jeweils um 90° zueinander verdreht angeordnet.

20

Fig. 8b zeigt die Draufsicht eines solchen statischen Mikrovermischers nach Fig. 8a bestehend aus zwei unterschiedlichen Schlitzplatten, deren Schlitzöffnungen zueinander um 90° gedreht sind.

- 25 Fig. 9a und Fig. 9b zeigen zwei Ausführungsbeispiele für Laminationsmikrovermischer in der Explosionsdarstellung. Danach können die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte, die Schlitzöffnungen in der Blendplatte sowie die Kanäle zur Verteilung der Fluide kreisförmig oder parallel versetzt angeordnet sein.

30 Fig. 10 zeigt ein Ausführungsbeispiel zum Einsatz eines Laminationsmikrovermischers als Bestandteil einer integrierten Anordnung zur Durchführung physikalisch-chemischer Umwandlungen. Im aufgeführten Fall wurden Laminationsmikrovermischer (60) und Rohrbündelwärmeübertrager (70) in ein Bauteil integriert.

35

5 Bezugszeichenliste:

10	10, 10a	Gehäuseunterteil
	11a	Zuführkanal für Fluid A
	11b	Zuführkanal für Fluid B
	12a	Fluideinlass für Fluid A
	12b	Fluideinlass für Fluid B
15	13	Nut für Dichtungsring
	14	Fluideinlasskanal
	20	Schlitzplatte
	21	Schlitzbereich
	22a	Schlitzöffnung für Fluid A
20	22b	Schlitzöffnung für Fluid B
	23a	Schlitzöffnung für Fluid A
	23b	Schlitzöffnung für Fluid B
	30	Blendplatte
	31	Blendschlitz
25	40, 40a	Gehäuseoberteil
	41	Stützstruktur
	42	Fluidauslass
	44	Öffnung für Befestigungselement
	45	Mischkammer
30	50	Dichtungsring
	60	Mikrovermischer
	70	Rohrbündelwärmeübertrager

5 Patentansprüche:

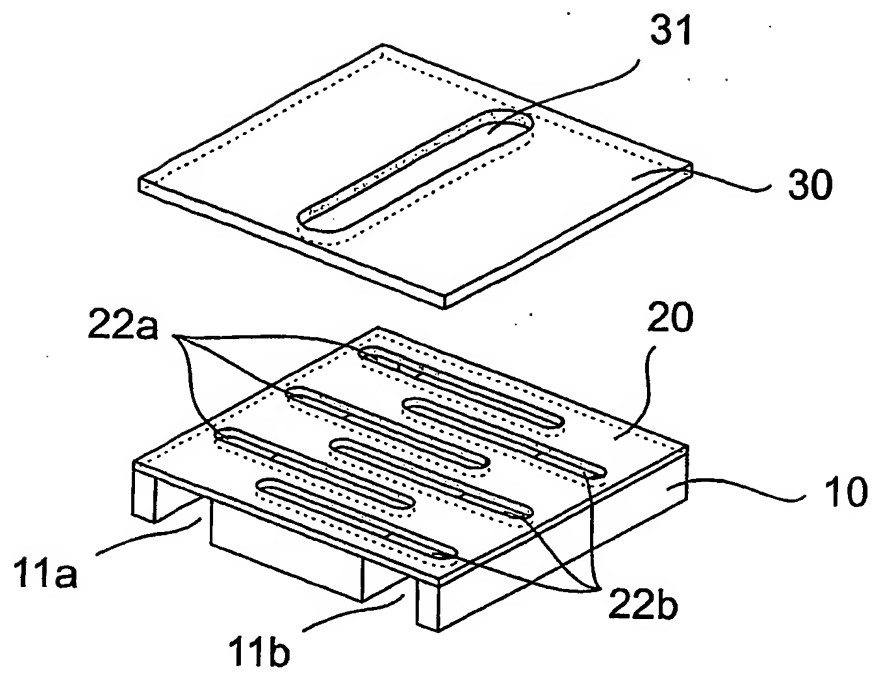
- 10 1. Statischer Laminationsmikrovermischer zum Mischen, Dispergieren, Emulgieren oder Suspendieren von mindestens zwei fluiden Phasen, **dadurch gekennzeichnet**, dass er mindestens eine Schlitzplatte mit Schlitzöffnungen und eine darüber angeordnete Blendplatte mit Blendenschlitzen enthält, deren Schlitze als durchgehende Öffnungen gefertigt sind.
- 15 2. Mikrovermischer nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Anzahl der Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte und/oder die Anzahl der Blendschlitze in der Blendplatte größer als eins ist.
- 20 3. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die fluiden Phasen nach ihrem Eintritt in die Schlitzplatte in den Schlitzöffnungen zunächst aufeinander zugeführt werden, bevor sie in die Öffnung einer darüber liegenden Platte eintreten.
- 25 4. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte so zueinander angeordnet sind, dass die fluiden Phasen in die Schlitzöffnung einer darüberliegenden Blend- oder Schlitzplatte eintreten.
- 30 5. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass die fluiden Phasen in den Schlitzöffnungen der Blendplatte miteinander in Kontakt kommen.
- 35 6. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die geometrische Form und Ausrichtung der Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte die Entstehung von Sekundäreffekten begünstigen.

- 5 7. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitzöffnungen schräg zueinander angeordnet sind.
8. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Querschnitt der Schlitzöffnungen in der Platte trichterförmig oder
10 keulenförmig ausgestaltet ist.
9. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Schlitzplatten und/oder Blendplatten direkt übereinander oder versetzt zueinander angeordnet sind.
- 15 10. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass auf die Schlitzplatten Strukturen aufgebracht oder aus den Platten herausgearbeitet sind.
- 20 11. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass durch geeignete Anordnung einer oder mehrerer Schlitzplatte und/oder Blendplatten ein Fluid zu einer Austrittsöffnung eines anderen Fluids hingeführt wird.
- 25 12. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mischkammer oberhalb der Blendplatte angebracht ist.
13. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Blendschlitze in der Blendplatte parallel zueinander versetzt
30 und/oder in einem periodischen Muster zueinander angeordnet sind.
14. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte und die Blendschlitze in der Blendplatte in einem beliebigen Winkel zueinander, vorzugsweise um 90°
35 verdreht, angeordnet sind.

- 5 15. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitzöffnungen in der Schlitzplatte und die Blendschlitze in der Blendplatte eine Breite von weniger als 500 μm , vorzugsweise aber von weniger als 100 μm aufweisen.
- 10 16. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitz- und Blendplatte teilweise oder vollständig aus Metall, Glas, Keramik und Kunststoff oder aus einer Kombination dieser Materialien bestehen.
- 15 17. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitz- und Blendplatten durch Stanzen, Prägen, Fräsen, Erodieren, Ätzen, Plasmaätzen, Laserschneiden, Laserablatieren oder durch die LIGA-Technik, vorzugsweise aber durch Laserschneiden oder LIGA-Technik, hergestellt worden sind.
- 20 18. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Schlitz- und Blendplatten aus einem Stapel mikrostrukturierter, dünner Platten bestehen.
- 25 19. Mikrovermischer nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet**, dass die dünnen, mikrostrukturierten Platten stoffschlüssig durch Löten, Schweißen, Diffusionsschweißen oder Kleben oder kraftschlüssig durch Verschrauben, Verpressen oder Vernieten miteinander verbunden sind.
- 30 20. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Blendschlitze in den Blendplatten und die Schlitzöffnungen in den Schlitzplatten verzweigt ausgestaltet sind.
- 35 21. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Mikrovermischer in einem dafür vorgesehenen Gehäuse untergebracht ist.

- 5 22. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Gehäuse Kanäle enthalten kann, die eine räumliche Aufteilung der fluiden Phasen gestatten.
23. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 22, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kanäle zur Aufteilung der Fluide im Gehäuse parallel zueinander versetzt, radial, konzentrisch oder hintereinander angeordnet sind.
- 10 24. Mikrovermischer nach den Ansprüchen 1 bis 23, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Kanäle zur Aufteilung der Fluide im Gehäuse mit gleich bleibenden oder variablen Querschnitten ausgeführt werden.
- 15 25. Verfahren zum Mischen, Dispergieren, Emulgieren oder Suspendieren von mindestens zwei fluiden Phasen, **dadurch gekennzeichnet**, dass diese durch mindestens eine Schlitzplatte mit Schlitzöffnungen, deren Schlitz als durchgehende Öffnungen gefertigt sind, und eine darüber angeordnete Blendplatte mit Blendenschlitzen geleitet werden.
- 20

Fig. 1



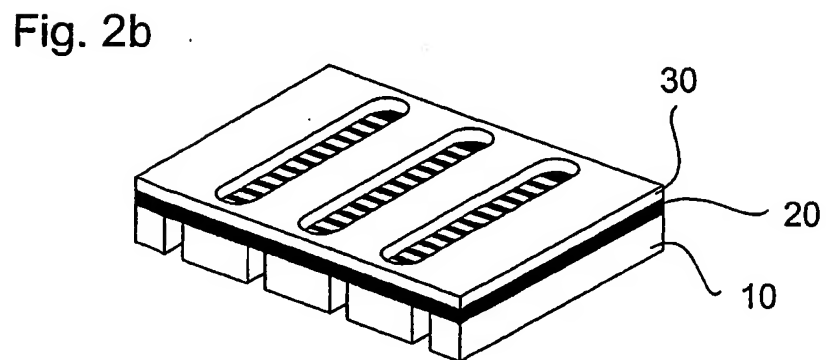
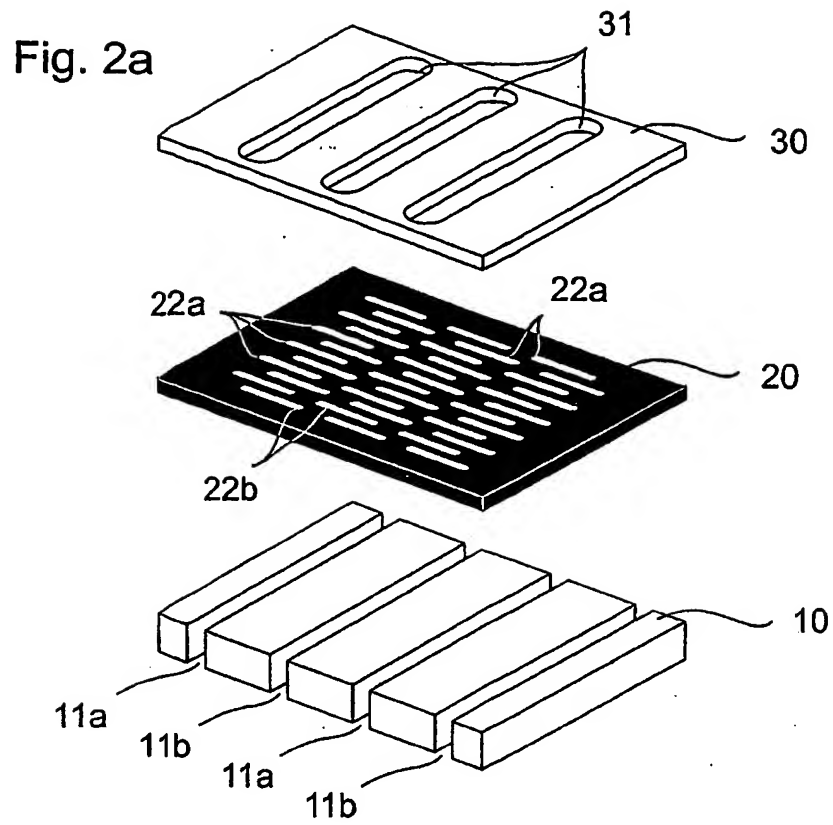


Fig. 3a

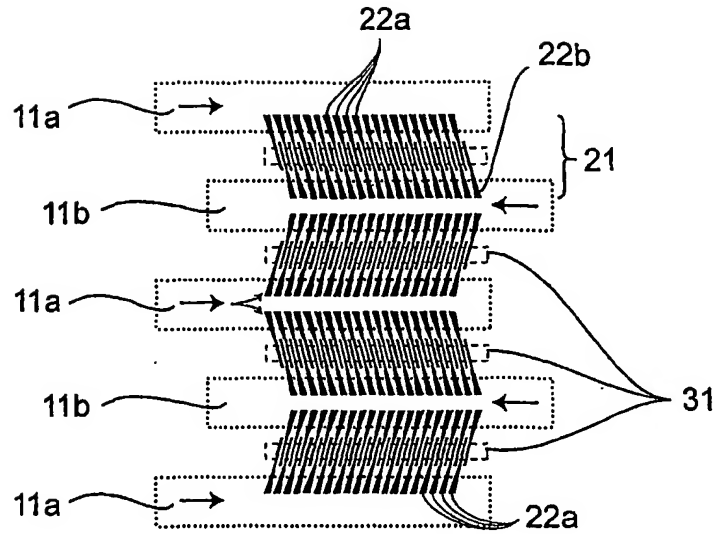


Fig. 3b

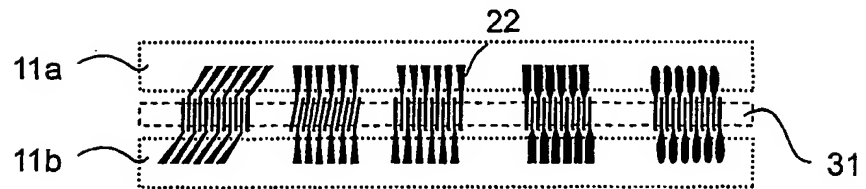


Fig. 3c

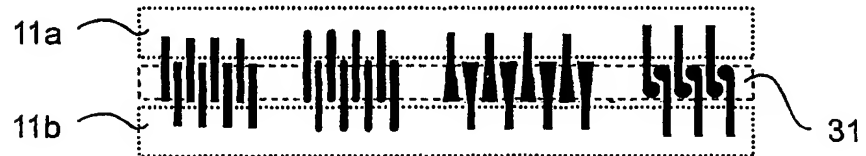


Fig. 3d

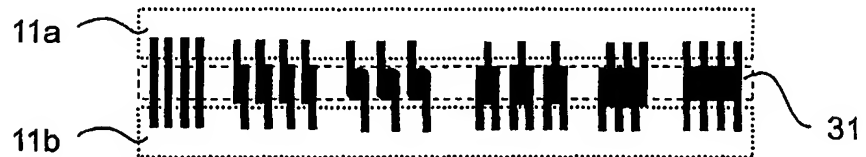
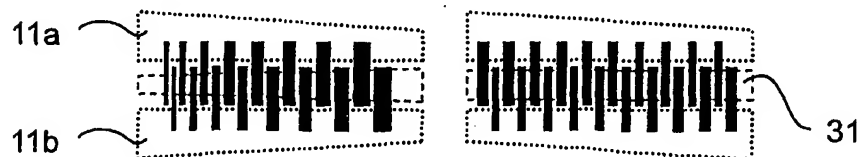


Fig. 3e



Fig. 3f



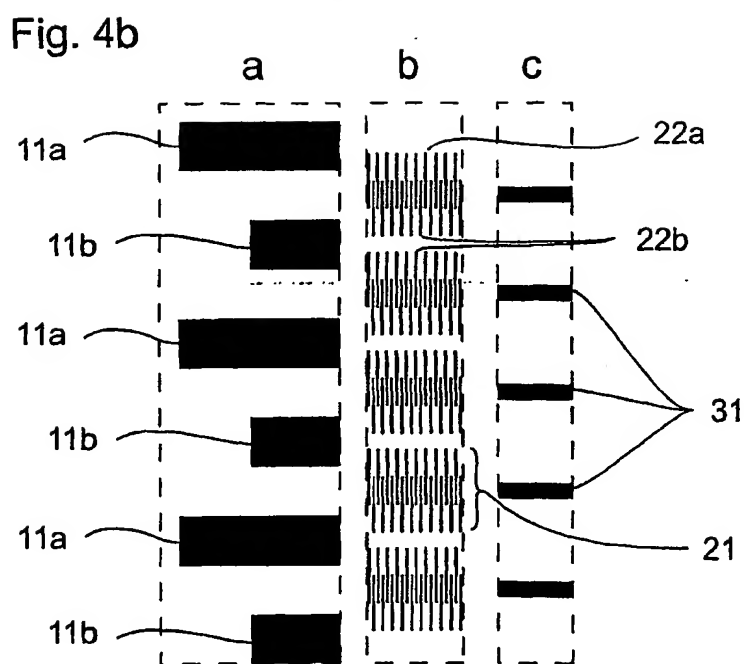
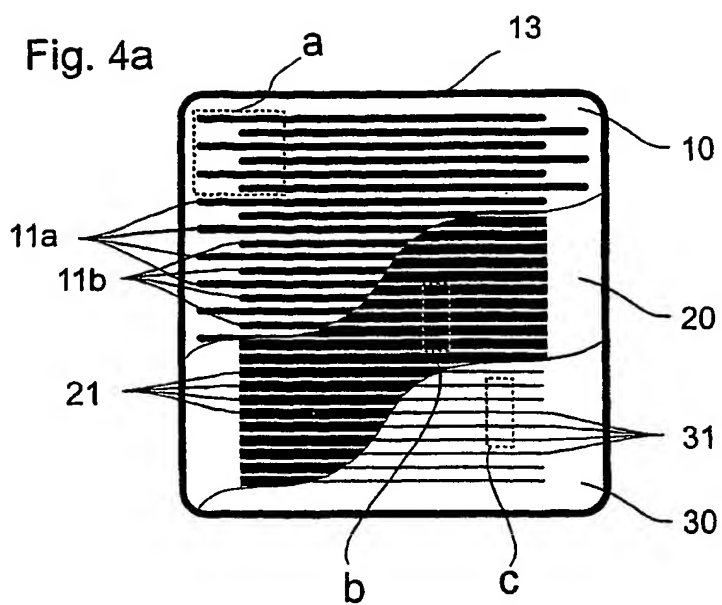


Fig. 5

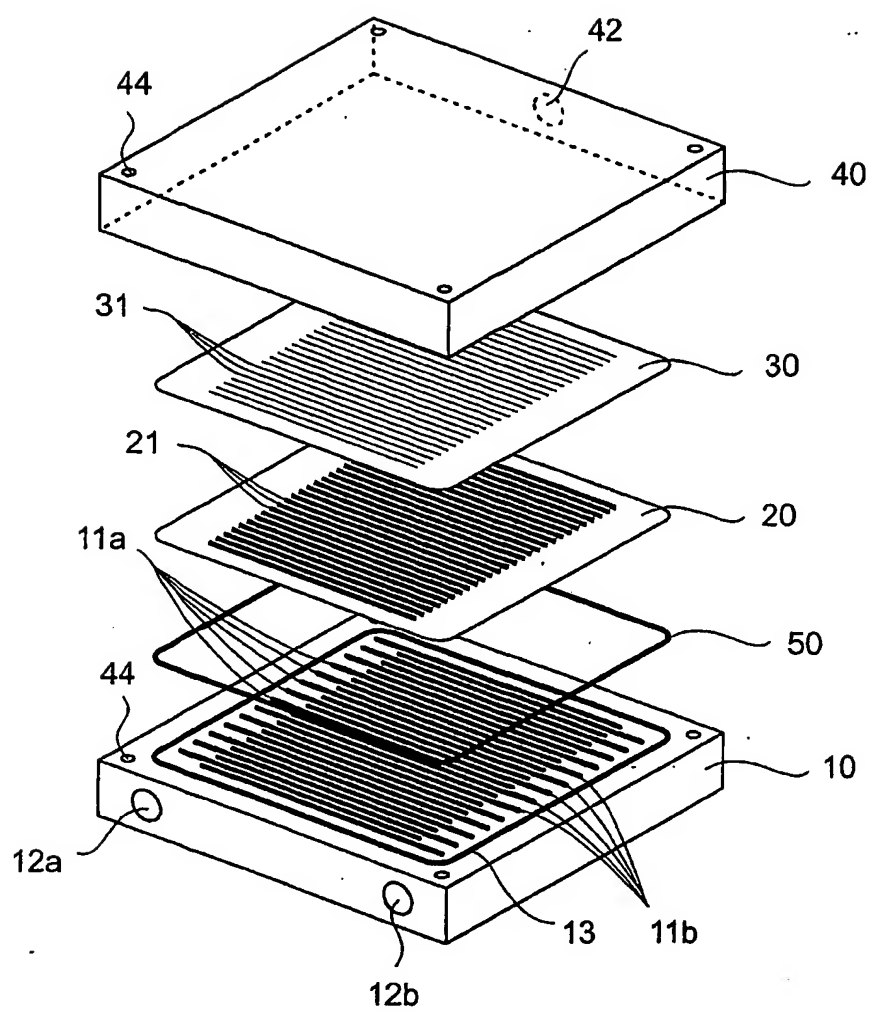


Fig. 6

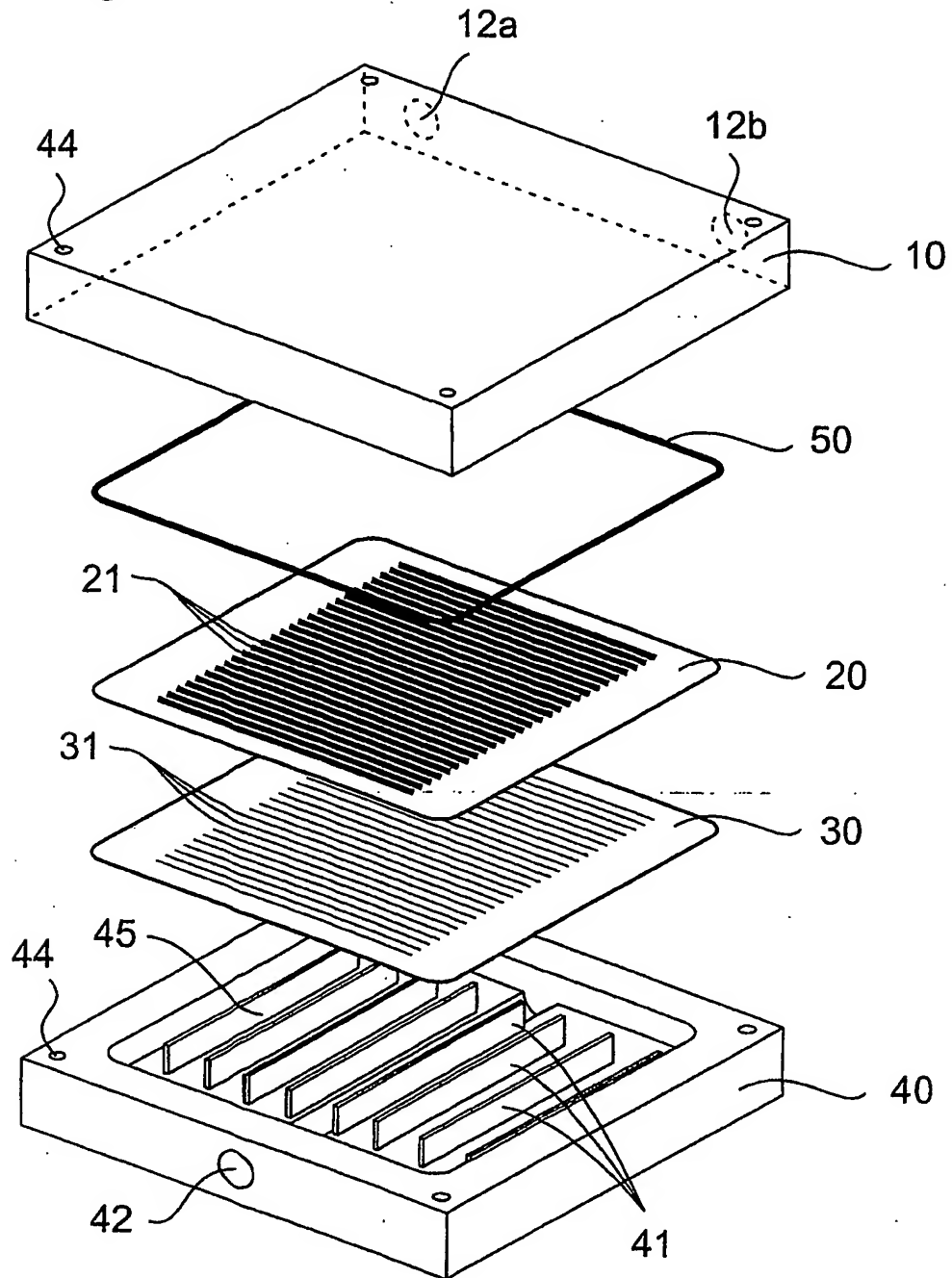


Fig. 7a

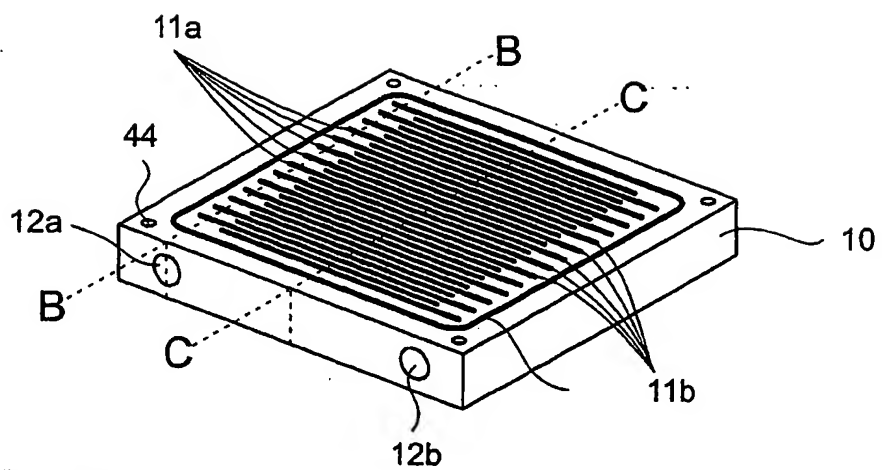


Fig. 7b

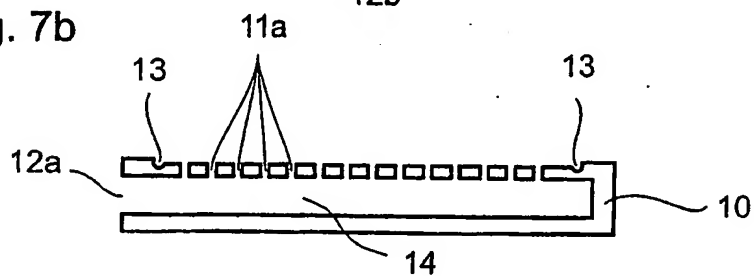


Fig. 7c

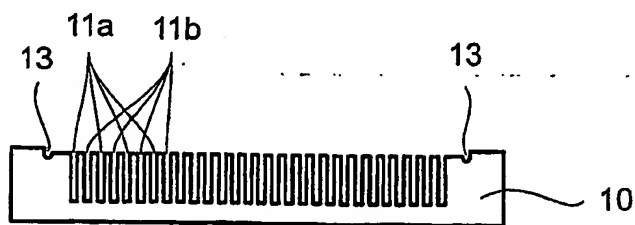


Fig. 8a

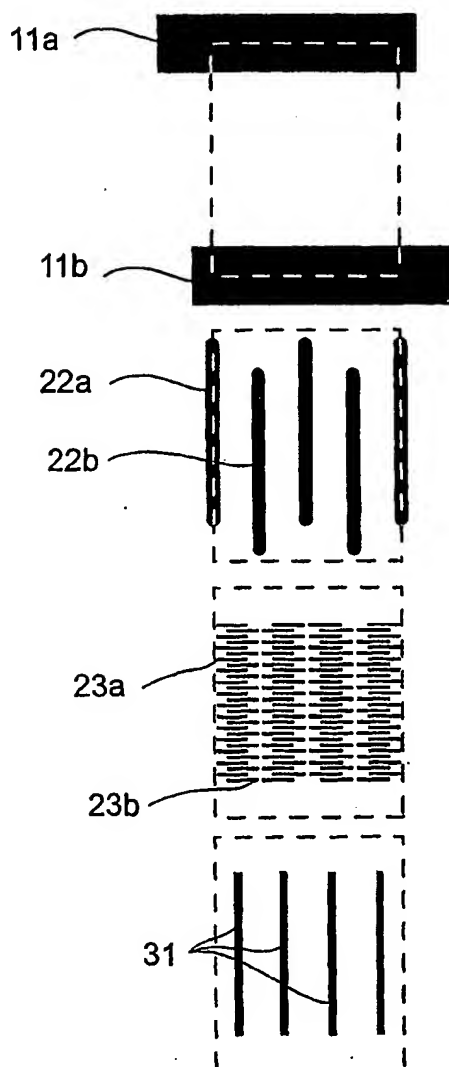


Fig. 8b

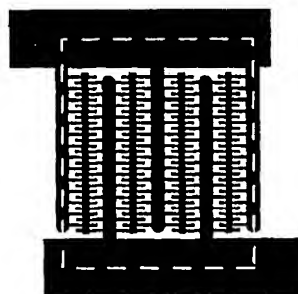


Fig. 9a

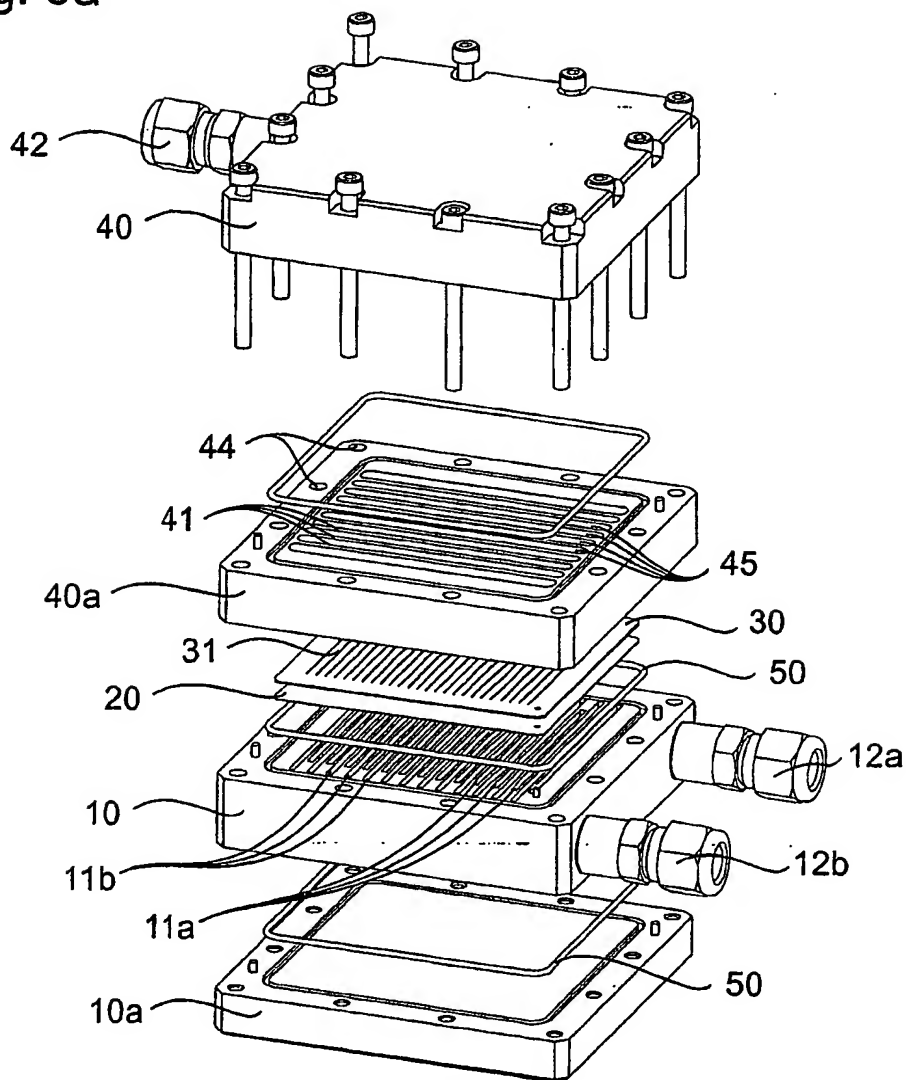


Fig. 9b

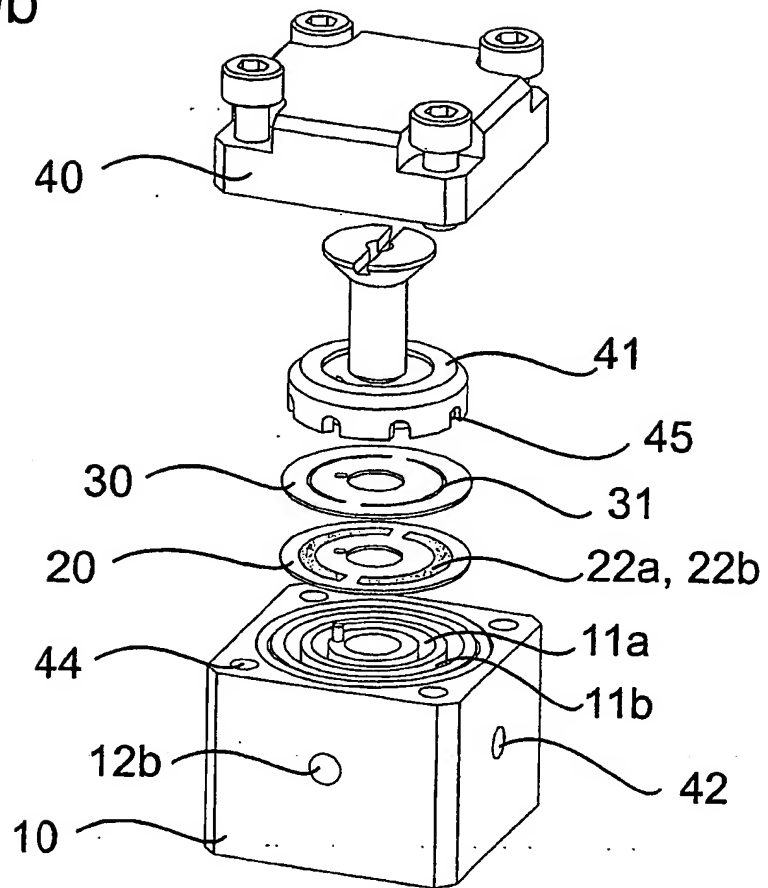
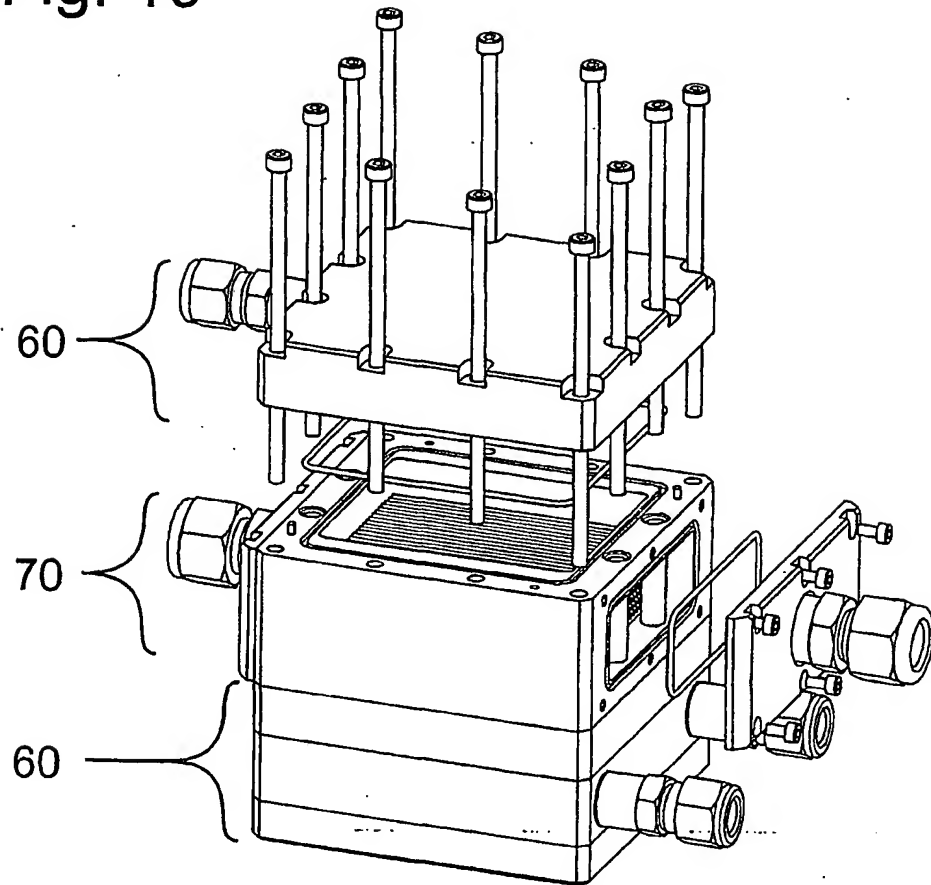


Fig. 10



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.